

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of : THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED  
Yoichiro YASHIRO et al. : TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE  
Serial No. NEW : FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT  
 : ACCOUNT NO. 23-0975  
 : **Attn: APPLICATION BRANCH**  
Filed August 26, 2003 : Attorney Docket No. 2003\_1205A

PLASMA PROCESSING METHOD AND  
APPARATUS

---

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450


Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claims the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2002-244698, filed August 26, 2002, and Japanese Patent Application No. 2002-248246, filed August 28, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

Certified copies of said Japanese Patent Applications are submitted herewith.

Respectfully submitted,

Yoichiro YASHIRO et al.

By 

Michael S. Huppert  
Registration No. 40,268  
Attorney for Applicants

MSH/kjf  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
August 26, 2003

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    8 月 2 6 日  
Date of Application:

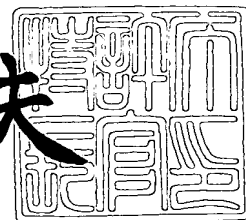
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 4 4 6 9 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 4 4 6 9 8 ]

出    願    人            松 下 電 器 産 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月 2 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 8 4 6 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 2018930503

【提出日】 平成14年 8月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/302

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 矢代 陽一郎

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 奥村 智洋

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 木村 忠司

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 齋藤 光央

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100097445

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岩橋 文雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置および方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源と、電源と、被処理物に作用させる活性粒子を供給する噴出口とを備えたプラズマ処理装置であって、噴出口がテーパ形状であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 マイクロプラズマ源は、電源に接続された第 1 電極と、プラズマ処理用ガスを供給するプラズマ処理用ガス供給装置とを備え、噴出口が第 1 電極によって形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 マイクロプラズマ源は、誘電体と、誘電体と密着して配置され電源に接続された第 1 電極と、プラズマ処理用ガスを供給するプラズマ処理用ガス供給装置とを備え、噴出口が誘電体によって形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 マイクロプラズマ源によって処理する被処理物上の処理領域を制御する処理領域制御ガスを供給する処理領域制御ガス供給装置と、処理領域制御ガスを噴出口外側面に沿って流通させる処理領域制御ガス流路を備えることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 処理領域制御ガス流路は被処理基板表面に平行に形成されていることを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 処理領域制御ガス流路は噴出口からのプラズマ処理用ガス噴出方向に垂直に形成されていることを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 処理領域制御ガス流路は被処理基板表面に垂直に形成されていることを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 処理領域制御ガス流路は誘電体にて形成されていることを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 第 2 電極を備えることを特徴とする請求項 2 および 3 いずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 第 2 電極は接地されていることを特徴とする請求項 9 記載の

プラズマ処理装置。

【請求項 1 1】 第 2 電極は第 1 電極と対向して配置されていることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 2】 誘電体が誘電率 4 以上の材料からなることを特徴とする請求項 3 または 8 いずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 3】 誘電体が少なくとも酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化シリコン、酸化ジルコン、窒化アルミニウム、窒化シリコンのうちいずれか 1 つを含む材料からなることを特徴とする請求項 3 または 8 いずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 4】 噴出口の外側面と被処理物表面のなす角度が 10 度乃至 80 度の角度であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 5】 被処理物と噴出口の距離を相対的に調整することのできる被処理物距離調整装置を備えることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 6】 噴出口と第 1 電極または噴出口と第 2 電極の距離を相対的に調整することのできる電極距離調整装置を備えることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 7】 電源が、RF 電源、DC 電源のいずれかであることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 8】 電源の電力供給形式が、パルス状であることを特徴とする請求項 1 7 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 9】 線状にプラズマ処理用ガスを吹き出す線状の開口部を有する噴出口を備えることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 0】 噴出口の開口部の線幅が 1  $\mu$ m 乃至 1 mm であることを特徴とする請求項 1 9 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 1】 被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源に、プラズマ処理用ガスを供給し、電力を電極に印加することによりマイクロプラズマを発生させ、マイクロプラズマ源から供給される活性粒子を噴出口より被処理物に作用させ、被処理物を加工するプラズマ処理方法であって、テーパ形状の噴出口を

用いることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2 2】 電極を噴出口として用いることを特徴とする請求項 2 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 3】 誘電体を噴出口として用いることを特徴とする請求項 2 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 4】 噴出口の外側面に処理を行う領域を制御する処理領域制御ガスを流通させながら処理を行うことを特徴とする請求項 2 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 5】 処理領域制御ガスを被処理物表面に平行に流通させることを特徴とする請求項 2 4 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 6】 処理領域制御ガスをプラズマ処理用ガス噴出方向に垂直に流通させることを特徴とする請求項 2 4 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 7】 処理領域制御ガスを被処理物表面に垂直に流通させることを特徴とする請求項 2 4 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 8】 被処理物と噴出口の距離を相対的に調整しながら処理を行うことを特徴とする請求項 2 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 2 9】 噴出口と電極の距離を相対的に調整しながら処理を行うことを特徴とする請求項 2 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3 0】 電力として、R F 電力または D C 電力のいずれかを用いることを特徴とする請求項 2 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3 1】 R F 電力の周波数として、400 k H z 乃至 500 M H z を用いて処理を行うことを特徴とする請求項 2 8 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3 2】 電力として、パルス印加を用い処理を行うことを特徴とする請求項 3 0 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3 3】 パルス印加周期として、1  $\mu$  s 乃至 1 m s を用いて処理を行うことを特徴とする請求項 3 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3 4】 パルス印加のデューティーとして、1 % 乃至 80 % を用いて処理を行うことを特徴とする請求項 3 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3 5】 プラズマ処理用ガスとして、少なくとも 1 種類以上の希ガス

を用いて処理を行うことを特徴とする請求項 21 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 36】 希ガスとして、ヘリウムガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 35 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 37】 希ガスとして、アルゴンガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 35 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 38】 希ガスとして、アルゴンガスとヘリウムガスの混合ガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 35 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 39】 プラズマ処理用ガスとして、少なくとも 1 原子以上のハロゲン元素を含むガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 21 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 40】 プラズマ処理用ガスとして、フッ素、フッ化水素、四フッ化炭素、3 フッ化メタン、8 フッ化ブテン、6 フッ化硫黄、塩素、塩化水素、3 塩化硼素、4 塩化珪素のうちいずれか一つ以上のガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 39 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 41】 プラズマ処理用ガスとして、酸素、硫化水素のうちいずれか一つ以上のガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 21 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 42】 処理領域制御ガスとして、窒素、酸素、アルゴンのうちいずれか 1 つ以上を含むガスを用いて処理を行うことを特徴とする請求項 21 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 43】 線状の領域にプラズマ処理を行うことを特徴とする請求項 21 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 44】 プラズマ処理を行う領域の線幅が  $1\ \mu\text{m}$  乃至  $1\text{mm}$  であることを特徴とする請求項 43 記載のプラズマ処理方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロマシンなどの製造において微細パターンを形成するプラズマ処理装置及び方法に関するものである。



**【0002】****【従来の技術】**

従来のプラズマ処理装置を図11を参照しながら説明する。

**【0003】**

同図において、第1電極101と第2電極102をそれぞれ対向して配置し、これらの電極101、102の間に、深さ0.05mmの溝を有する厚み1mmのアルミナ板などの誘電体103、104を対向配置することで、プラズマを生成するための幅0.1mmの放電空間105を形成する。更に、第1電極101に高周波電源106を整合回路107を介して接続し、第1電極101に高周波電力を印加する一方、第2電極102を接地することで、第1電極101と第2電極102との間にプラズマ放電を発生することができる。

**【0004】**

また、同図において、第1電極101と第2電極102の間の放電空間105の一端にガス供給口108を設け、ガス配管109を用いてガス供給装置110と接続し、ガスを第1電極101と第2電極102の間に導入する。このように、プラズマ放電を行うと共に、ガス供給口108と反対側の端面にプラズマ処理を行うための噴出口111を設けることで、噴出口111に近接させた被処理物112に対してエッチング、成膜、表面改質などの各種プラズマ処理を行うことが可能となるというものである。

**【0005】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、図11のような従来の技術では、被処理物112の被処理領域ににじみが発生するという問題点があった。以下、にじみの発生現象を詳細する。

**【0006】**

図11において、プラズマ処理が施される被処理物112表面の領域は、噴出口111に近接した領域であり、噴出口111の開口形状の転写が期待される。しかし、プラズマ処理中に発生するラジカルは、プラズマから拡散し、噴出口111から離れた領域にまで達する傾向にあることから、噴出口111の開口形状

を転写せずにじみを発生しやすくなるというものである。

【0007】

本発明は、上記の従来の問題点に鑑み、ラジカルの拡散を制御することで、基板の被処理領域のにじみを抑制し、加工精度に優れたプラズマ処理を行うことが可能なプラズマ処理装置および方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本願第1発明のプラズマ処理装置は、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源と、電源と、被処理物に作用させる活性粒子を供給する噴出口とを備えたプラズマ処理装置であって、噴出口がテーパ形状であることを特徴とする。

【0009】

本願第1発明のプラズマ処理装置において、好適には、前記マイクロプラズマ源が電源に接続された第1電極と、プラズマ処理用ガスを供給するプラズマ処理用ガス供給装置とを備え、噴出口が第1電極によって形成されていてもよいが、前記マイクロプラズマ源が、誘電体と、誘電体と密着して配置され電源に接続された第1電極と、プラズマ処理用ガスを供給するプラズマ処理用ガス供給装置とを備え、噴出口が誘電体によって形成されていてもよい。

【0010】

また好適には、マイクロプラズマ源によって処理する被処理物上の処理領域を制御する処理領域制御ガスを供給する処理領域制御ガス供給装置と、処理領域制御ガスを噴出口外側面に沿って流通させる処理領域制御ガス流路を備えることが望ましい。

【0011】

また、前記処理領域制御ガス流路は被処理基板表面に平行に形成されていてもよいし、噴出口からのプラズマ処理用ガス噴出方向に垂直に形成されていてもよいし、被処理基板表面に垂直に形成されていてもよい。

【0012】

また好適には、前記処理領域制御ガス流路は誘電体にて形成されていることが望ましく、特に好適には、誘電体が誘電率4以上の材料からなることが望ましく

、誘電体が少なくとも酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化シリコン、酸化ジルコン、窒化アルミニウム、窒化シリコンのうちいずれか1つを含む材料からなっていることもよい。

【0013】

また好適には、第2電極を備えることが望ましく、特に好適には、第2電極は接地されていることが望ましい。

【0014】

また好適には、第2電極は第1電極と対向して配置されていることが望ましい。

【0015】

また好適には、噴出口の外側面と被処理物表面のなす角度が10度乃至80度の角度であることが望ましい。

【0016】

また好適には、被処理物と噴出口の距離を相対的に調整することのできる被処理物距離調整装置を備えることが望ましい。

【0017】

また好適には、噴出口と第1電極または噴出口と第2電極の距離を相対的に調整することのできる電極距離調整装置を備えることが望ましい。

【0018】

また電源が、RF電源、DC電源のいずれかであってもよく、電源の電力供給形式が、パルス状であることが望ましい。

【0019】

また好適には、線状にプラズマ処理用ガスを吹き出す線状の開口部を有する噴出口を備えることが望ましく、特に好適には、噴出口の開口部の線幅が1 $\mu$ m乃至1mmであることが望ましい。

【0020】

本願第2発明のプラズマ処理方法は、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源に、プラズマ処理用ガスを供給し、電力を電極に印加することによりマイクロプラズマを発生させ、マイクロプラズマ源から供給される活性粒子を噴出

口より被処理物に作用させ、被処理物を加工するプラズマ処理方法であって、テーパ形状の噴出口を用いることを特徴とする。

【0021】

本願第2発明のプラズマ処理方法において、好適には、電極を噴出口として用いてもよいし、誘電体を噴出口として用いてもよい。

【0022】

また好適には、噴出口の外側面に処理を行う領域を制御する処理領域制御ガスを流通させながら処理を行うことが望ましく、処理領域制御ガスは被処理物表面に平行に流通させても、プラズマ処理用ガス噴出方向に垂直に流通させても、被処理物表面に垂直に流通させてもよい。

【0023】

また好適には、被処理物と噴出口の距離を相対的に調整しながら処理を行うことが望ましい。

【0024】

また好適には、噴出口と電極の距離を相対的に調整しながら処理を行うことが望ましい。

【0025】

また、電力として、RF電力またはDC電力のいずれかを用いてもよく、パルス印加を用い処理を行ってもよい。特に好適には、パルス印加周期として、 $1\mu\text{s}$ 乃至 $1\text{ms}$ を用いて処理を行うことが望ましく、さらに好適には、パルス印加のデューティーとして、1%乃至80%を用いて処理を行うことが望ましい。

【0026】

また好適には、RF電力の周波数として、 $400\text{kHz}$ 乃至 $500\text{MHz}$ を用いて処理を行うことが望ましい。

【0027】

また好適には、プラズマ処理用ガスとして、少なくとも1種類以上の希ガスを用いて処理を行うことが望ましく、特に好適には、希ガスとして、ヘリウムガスまたはアルゴンガス、またはヘリウムガスとアルゴンガスの混合ガスを用いて処理を行うことが望ましい。

**【0028】**

また、プラズマ処理用ガスとして、少なくとも1原子以上のハロゲン元素を含むガスを用いて処理を行ってもよく、特に好適には、フッ素、フッ化水素、四フッ化炭素、3フッ化メタン、8フッ化ブテン、6フッ化硫黄、塩素、塩化水素、3塩化硼素、4塩化珪素のうちいずれか一つ以上のガスを用いて処理を行うことが望ましい。

**【0029】**

また、プラズマ処理用ガスとして、酸素、硫化水素のうちいずれか一つ以上のガスを用いて処理を行ってもよい。

**【0030】**

また好適には、処理領域制御ガスとして、窒素、酸素、アルゴンのうちいずれか1つ以上を含むガスを用いて処理を行うことが望ましい。

**【0031】**

また好適には、線状の領域にプラズマ処理を行うことが望ましく、特に好適には、プラズマ処理を行う領域の線幅が1  $\mu$ m乃至1mmであることが望ましい。

**【0032】****【発明の実施の形態】****(第1の実施形態)**

以下、本発明に係る第1の実施形態を図1～図4を参照しながら説明する。

**【0033】**

図1は、本実施形態に係るプラズマ処理装置であり、図1(a)はプラズマ処理装置の正面図、図1(b)は当該装置の側面図、図1(c)は図1(a)の主要部の拡大図を示している。

**【0034】**

図1(a)において、容器1内に第1電極2及び第2電極3が対向して配置されており、厚さ1mmのセラミックなどの誘電体板4, 5が第1電極2および第2電極3にそれぞれ密着して配置されている。誘電体板4, 5には、それぞれ幅20mm、段差0.05mmの溝6, 7が加工してある。また、容器1には、排気装置8が調圧装置9を介して接続されており、容器1内の圧力を調節可能にし

ている。

#### 【0035】

更に、第1電極2は高周波電源10を整合回路11を介して接続されており、第1電極2に高周波電力を印加する一方、第2電極3を接地することで、溝6、7によって形成される厚み0.1mmの放電空間12にプラズマを発生させる。

#### 【0036】

このとき、溝6、7からなる放電空間12の一端にガス供給口13を設けてあり、ガス配管14を用いてガス供給装置15と接続し、放電空間12にガスを導入することでプラズマを発生させると共に、ガス供給口13と反対側の端面にプラズマ処理を行うためのテーパ形状の噴出口16を設けることで、噴出口16に近接させた被処理物17に対してエッチング、成膜、表面改質などの各種プラズマ処理を行うことが可能となる。

#### 【0037】

表1は、図1に示したものと同様の装置構成にて、高周波電力50W、真空容器1内に導入するガスとして、ヘリウムガスおよび酸素ガスの混合ガスを溝6、7に供給し、溝厚み（狙い寸法）0.1mmにてプラズマを発生させ、噴出口16より1mm上方に配置した有機膜をエッチングした場合の加工寸法の狙い寸法からの偏差を示す。

#### 【0038】

【表1】

|     | 偏差 (mm) |
|-----|---------|
| (A) | -0.02   |
| (B) | +0.22   |

#### 【0039】

表1における加工寸法は、図2に示すように、エッチングされた有機膜の凹み型断面形状において、加工前表面の高さを100、加工後の凹み部の底の高さを0とした場合での高さ80での凹み部の幅を示す。また、表1(A)は、図3(A)に示すような噴出口外側に45度のテーパ加工を施した場合を示し、表1(

B) は、図 3 (B) に示すような噴出口外側にテーパ加工を施さなかった場合を示すものである。

#### 【0040】

表 1 から明らかなように、加工精度は (A) ではほぼ狙いどおりの寸法が得られているのに対し、(B) では狙い寸法よりもかなり広がっている。表 1 (A) 及び (B) についてのそれぞれの処理中のプラズマ分布およびラジカル分布イメージを図 4 に示す。

#### 【0041】

図 4 において、図 4 (A) はプラズマおよびラジカルが溝幅とほぼ同じ幅に分布するのに対し、図 4 (B) はプラズマが溝幅とほぼ同じ幅で分布しているものの、ラジカルは溝幅から広がった分布になって処理となっていることを示す。これは、図 4 (B) は、誘電体板 4, 5 の端面が被処理物 17 の表面と平行であり、被処理物 17 との間に狭い空間が形成されたためラジカルが高濃度に局在化するが、図 4 (A) ではテーパ部のためにラジカルが拡散する空間が存在し、ラジカルの局在化が抑制された結果と考えられる。

#### 【0042】

以上のことから、第 1 電極 2 および第 2 電極 3 に対して、噴出口 16 を被処理物 17 に近接させることで、被処理領域のじみが抑制することが可能となる。このとき、噴出口 16 の外側面と被処理物 17 の表面とのなす角度は、ラジカルが高濃度に局在化するように抑制すればよく、被処理物表面に対して 10 度で効果があるが、80 度まで角度をつけることにより、より一層効果を得ることができる。しかしながら、80 度以上の誘電体板のテーパ加工は困難であるため適当でない。

#### 【0043】

また、噴出口 16 は、加工上の制約のため被処理物と平行になっている部分を有していても良いが、この場合は、極力水平な部分を少なくする必要がある、狙い寸法の 10% 乃至 50% とすることで高精度のエッチングを行うことが可能となる。

#### 【0044】

プラズマ放電を開始させるためには、圧力および第1および第2電極間に存在するギャップに対応した所定の電圧が必要となり、これはパッシェンの法則として知られている。パッシェンの法則によれば、放電空間の圧力 $P$ と、放電空間の厚み $D$ に対してその積 $PD$ が規定され、積 $PD$ に対応した最小着火電圧 $V_s$ 以上の電圧を対向する第1および第2電極間に印加することでプラズマを発生することができる。

#### 【0045】

互いに対向する第1および第2電極間に過度に高い電圧を印加すると、アーク放電に移行し、電極を損傷する等の危険な状態となる。本実施形態では、安全のため、対向する第1および第2電極間に印加する電圧を1kVと規定し、空気に対して積 $PD$ としてはおよそ0.1 (Pa・m) から120 (Pa・m) の範囲において着火電圧 $V_s$ が1kV以下を満たしていた。このため、積 $PD$ としては0.1 (Pa・m) から120 (Pa・m) であるような条件下で処理を行った。しかしながら、本実施形態においては、他の目的のために様々な検討が行えるよう、装置構成として容器や排気装置などを備えたものを用いているが、これらは必ずしも必要でなく、容器外にて処理を行っても本発明の効果が得られることはいうまでもない。

#### 【0046】

以上の本実施形態において、アルミナ板は誘電体として使用したが、プラズマ発生のためのマッチングの容易性から、誘電体の誘電率が4以上のものが望ましい。また、誘電体はプラズマにさらされるため、プラズマ耐性の高い、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化シリコン、酸化ジルコン、窒化アルミニウム、窒化シリコンのうちいずれかを用いることが望ましい。

#### 【0047】

更に、本実施形態においては、真空容器1内に導入するガスとして、ヘリウムガスと酸素ガスについてのみ述べたが、ヘリウムガスの代わりに他の希ガスを用いてもプラズマを発生させることができる。特に、希ガスとしてヘリウムを用いると大気圧近傍の圧力領域でプラズマを発生させるのに適しており、また、アルゴンガスを用いると加工精度が向上するという傾向があり、加工精度によってい



ずれかを選択、もしくは混合してもよい。

#### 【0048】

更に、膜のエッチング処理を行うためには、これらの希ガスに活性なラジカルを生成する他のガスを添加するのがよく、本実施形態においては酸素の場合についてのみ述べたが、ハロゲンラジカルを生成するハロゲン元素含有ガスを用いると比較的高い処理速度が得られる。また、ハロゲン元素含有ガスの中では、フッ素、フッ化水素、四フッ化炭素、3フッ化メタン、8フッ化ブテン、6フッ化硫黄、塩素、塩化水素、3塩化硼素、4塩化珪素などが比較的入手しやすく、さらにハロゲンのほかにも硫化物を形成する硫化水素などを用いることもできる。

#### 【0049】

また、本実施形態においては、マイクロプラズマ源への電力の供給を高周波（RF）電源とした場合について述べたが、直流（DC）電源を用いても良く、更に、RF電源の場合、印加する周波数としては400kHz以上を選択すると容易に放電を開始することができ、また、500MHz以下を選択することで、放電領域の抑制を効率的に行うことができる。更に、RFおよびDC電源をパルス印加することで、プラズマ中の化学種やその比率を変化させることができ、より高い加工精度でのプラズマ処理が可能である。パルス印加の周期としては、1μs以下にて反応生成物の排気効率が上昇するためプラズマ中の化学種を変化させることができるが、1ms以下ではパルスの制御が困難であるため望ましくない。

#### 【0050】

すなわち、パルス印加の周期としては、1ms乃至1μsが望ましい。さらに、パルス周期内でのON時間の割合であるデューティー比が80%以下にて反応生成物の排気効率が上昇するためプラズマ中の化学種を変化させることができるが、1%以下ではプラズマの維持が困難であるため望ましくなく、1%乃至80%にて処理を行うことが望ましい。

#### 【0051】

また、本実施形態においては、幅20mm、段差0.05mmの溝を持つアルミナ板を対向させ、長さ20mm、幅0.1mmの線状の開口部を持つ噴出口を

形成したため、被処理領域は線状となっていた。このように線状の開口部をもつ噴出口を形成することで、被処理物と噴出口の相対位置を変えることなく線状の領域をプラズマ処理することができる。ここで、噴出口の開口部線幅が1 mm以上または1  $\mu$  m以下であった場合、大気圧近傍では着火電圧が高くなるため、安定なプラズマ処理を行うことができない。従って、噴出口の線幅ならびに線状の被処理領域の線幅は1  $\mu$  m乃至1 mmであることが望ましい。

#### 【0052】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態を図5を参照して説明する。

#### 【0053】

図5は、図1と同様のプラズマ処理装置であるが、被処理物17を載置し被処理物17を上下方向に微調整できるステージを備えた被処理物距離調整装置18を用い、被処理物17と噴出口16との相対距離を可変としている点が相違する。

#### 【0054】

図5(a)は、本実施形態に係るプラズマ処理装置の正面図、図5(b)は側面図を示す。加工精度悪化の原因となるラジカルの広がり、被処理物17と噴出口16との相対距離が大きい場合に発生する傾向にあるが、被処理物17と噴出口16間の距離が小さい場合には、噴出口16周辺にラジカルが高濃度に留まるため、本実施形態では、被処理物距離制御装置18を用い、最適な被処理物17-噴出口16間距離に調整できる仕組みとしている。

#### 【0055】

表2は、図5に示すプラズマ処理装置を同様な構成にて、被処理物17と噴出口16の距離を被処理物距離調整装置18を用いて変更し、高周波電力50 W、プラズマ処理用ガスとしてヘリウムガスおよび酸素ガスの混合ガスを溝6および溝7に流通させ、溝幅(狙い寸法)0.1 mmにてプラズマを発生させ、噴出口16より上方に配置した有機膜をエッチングした場合の、加工寸法の狙い寸法からの偏差を示す。

#### 【0056】

【表 2】

|     | 偏差 (mm) |
|-----|---------|
| (A) | -0.02   |
| (B) | +0.18   |

## 【0057】

表 2 (A) は、被処理物距離調整装置 18 を用いて相対距離を 1 mm とした場合、表 2 (B) は 0.5 mm とした場合である。

## 【0058】

表 2 から明らかなように加工精度は、表 2 (A) では、ほぼ狙い通りの寸法が得られているのに対し、表 2 (B) では、狙い寸法よりもかなり広がっていることがわかる。この結果は、実際に流れるガスの量とテーパの角度によって最適な相対距離が決まることを示しており、本実施形態に係る被処理物距離調整装置 18 を適応することで、被処理物 17 と噴出口 16 との距離を最適に制御することが可能となる。

## 【0059】

なお、本実施形態は、被処理物距離調整装置 18 を用いて被処理物 17 の位置のみを移動させた場合について詳述したが、被処理物 17 と噴出口 16 のいずれを可動しても効果としては同様であることは言うまでもない。

## 【0060】

(第 3 の実施形態)

本発明の第 3 の実施形態を図 6 及び図 7 を参照しながら詳述する。

## 【0061】

図 6 は、図 1 と同様のプラズマ処理装置であるが、第 1 電極 2 および第 2 電極 3 と接続され、第 1 電極 2 および第 2 電極 3 のみを上下方向に微調整することが可能なステージを備えた電極距離調整装置 19 を用い、第 1 電極 2 および第 2 電極 3 と噴出口 16 との相対距離を可変としている。

## 【0062】

図 6 (a) は、本実施形態に係るプラズマ処理装置の正面図、図 6 (b) は、側面図である。放電空間周辺において、ラジカル濃度は、第 1 電極 2 および第 2

電極 3 に近いほど高くなると考えられるため、第 1 電極 2 と被処理物 17 との間、または第 2 電極 3 と被処理物 17 との間の相対距離によってラジカル濃度が支配される。

#### 【0063】

被処理物 17-第 1 電極 2 間および被処理物 17-第 2 電極 3 間の距離が小さくなるにつれてラジカル濃度は増大するが、被処理物 17-第 1 電極 2 間および被処理物 17-第 2 電極 3 間の距離が近づくことによってラジカルの高濃度局在化も発生する場合がある。この問題に対し、本実施形態では、電極距離制御装置 19 を用い、最適な第 1 電極 2-被処理物 17 間または第 2 電極 3-被処理物 17 間距離とすることができる。

#### 【0064】

表 3 (A) ~ (C) は、図 7 (A) ~ (C) に示すような装置構成にて、被処理物 17-噴出口 16 間距離 (図 7 中の a の長さ) を 1 mm の一定に保ち、噴出口 16-第 1 電極 2 および噴出口 16-第 2 電極 3 間の距離を変えて有機膜エッチングを行った場合の、加工寸法の狙い寸法からの偏差およびその際の処理速度を示している。

#### 【0065】

【表 3】

|     | 偏差 (mm) | レート ( $\mu\text{m}/\text{min}$ ) |
|-----|---------|----------------------------------|
| (A) | -0.02   | 1.04                             |
| (B) | +0.01   | 0.05                             |
| (C) | +0.16   | 2.01                             |

#### 【0066】

ここで高周波電力 50 W、プラズマ処理用ガスとしてはヘリウムガスおよび酸素ガスの混合ガスを溝 6 および溝 7 に流通させている。図 7 (A) は噴出口 16-第 1 電極 2 および噴出口 16-第 2 電極 3 間距離 (図 7 中の b の長さ) を 1 mm とした場合、図 7 (B) は 2 mm、図 7 (C) は 0.5 mm とした場合である。

#### 【0067】

表3 (A) では、加工寸法の狙い寸法からの偏差が小さくほぼ狙い通りのエッチングができており、処理速度も  $1\mu\text{m}/\text{min}$  と速い値である。表3 (B) は (A) に対して、偏差はそれほど変わらないが処理速度が  $0.05\mu\text{m}/\text{min}$  と非常に遅くなっている。これは、被処理物へのラジカルの到達量が少ないためであると考えられる。表3 (C) では、(A) に比べ、電極位置が被処理物に近い、ため、処理速度が  $2\mu\text{m}$  と大変速いが、偏差が大変大きくなっており、十分な加工精度が得られていない。本実施形態ではこのように、電極距離制御装置19を用い配置の最適化を行うことで、高い加工精度と高い処理速度を両立させることが容易となる。

#### 【0068】

(第4の実施形態)

次に本発明の第4実施形態について、図8を参照して説明する。

#### 【0069】

図8は、図1と同様の装置であるが、噴出口16周辺のアリミナ板4およびアリミナ板5の端面のテーパ加工の外側表面に沿ってラジカル濃度を低減しうる処理領域制御ガスを流通させるための、処理領域制御ガス供給装置20を備えている。

#### 【0070】

ここで図8 (a) は装置の正面図、図8 (b) は側面図である。噴出口16周辺のアリミナ板4およびアリミナ板5の端面のテーパ加工は、噴出口16周辺のラジカルの高濃度局在化を抑制する効果があるが、さらにこのテーパ部に処理領域制御ガスを流通させることで、ラジカルの拡散を促進させることができる。

#### 【0071】

表4は図8と同様の装置構成にて有機膜エッチングを行った場合の、加工寸法の狙い寸法からの偏差を示している。

#### 【0072】

【表 4】

|     | 偏差 (mm) |
|-----|---------|
| (A) | 0.00    |
| (B) | +0.06   |

## 【0073】

ここで高周波電力 100W、プラズマ処理用ガスとしてはヘリウムガスおよび酸素ガスの混合ガスを溝 6 および溝 7 に流通させている。表 4 (A) は処理領域制御ガス供給装置 20 より窒素ガスを供給した場合、表 4 (B) は供給しなかった場合である。表 4 (A) では加工寸法の狙い寸法からの偏差が小さく、狙い通りの加工が行えているが、表 4 (B) では偏差がやや大きい。この原因は、表 4 (B) では、ラジカル発生量が多く、ノズル部へのラジカルの拡散によっても濃度が十分なほど希薄にはならず、噴出口 16 周辺へのエッチングが起きたためであると考えられ、表 4 (A) では、処理領域制御ガスを流通させたため、テーパ部にラジカルが局在化することなく、拡散できていると考えられる。

## 【0074】

以上述べた本実施形態においては、処理領域制御ガスとして、窒素ガスを用いたが、プラズマ発生の容易なヘリウムなどのガスでなければ効果が得られ、アルゴンや酸素などが有効である。

## 【0075】

また、以上に述べた本実施形態において、電極間の放電空間を誘電体を用いて形成したマイクロプラズマ源の場合についてのみ述べたが、誘電体は電極保護などの理由で用いており、たとえば、図 9 (A) に示す誘電体を用いた構造でなくとも、図 9 (B) のような、電極を隔てて対向させ放電空間を形成した場合についても、電極の噴出口に相当する部位の外側端部断面がテーパ形状となっていれば誘電体を用いた場合と同様の効果が得られることができることは言うまでもない。

## 【0076】

(第 5 の実施形態)

次に、本発明の第 5 実施形態について、図 10 を参照して説明する。

**【0077】**

図10(A)は図8(a)と同様の装置であるが、図8(a)の構造にさらに2枚の誘電体板を備えている。誘電体板21および誘電体板22は、それぞれの表面に処理領域制御ガス流路23および24を備えている。

**【0078】**

この処理領域制御ガス流路23および24の部分に処理領域制御ガス供給装置20より処理制御供給ガスを流通させることで、噴出口16周辺に容易に処理領域制御ガスを供給できるため、高い加工精度プラズマ処理を行うことができる。図10(B)および図10(C)は、誘電体板21の溝23を示しており、図10(B)のように処理領域制御ガス流路23を加工しておくことで、噴出口16のプラズマ処理用ガスの噴出方向に垂直な方向に処理領域制御ガスを流通させることができる。さらに、図10(C)のように処理領域制御ガス流路23を加工すれば、被処理物17に対して垂直に処理領域制御ガスを流通させることができる。図10(B)の方向にて処理を行えば、プラズマ処理用ガスと処理領域抑制ガスの干渉が少なく、高い加工精度が得られる。

**【0079】**

しかしながら、プラズマ処理用ガス中の希ガスとしてヘリウムのみを用いた場合は、被処理領域ののにじみが大きいため、図10(C)のように処理領域抑制ガスを被処理物表面に対して垂直に流通させることで高い加工精度を得ることができる。

**【0080】****【発明の効果】**

以上の説明から明らかなように、本願第1発明のプラズマ処理装置によれば、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源と、電源と、被処理物に作用させる活性粒子を供給する噴出口とを備え、噴出口がテーパ形状であることを特徴とするプラズマ処理装置であって、テーパ形状の噴出口を備えることでラジカルの拡散を制御できるため、被処理領域ののにじみを抑制できる加工精度に優れたプラズマ処理装置を提供することができる。

**【0081】**

また、本願第2発明のプラズマ処理方法によれば、被処理物の近傍に配置させたマイクロプラズマ源に、プラズマ処理用ガスを供給し、電力を電極に印加することによりマイクロプラズマを発生させ、テーパ形状の噴出口を用い、マイクロプラズマ源から供給される活性粒子を噴出口より被処理物に作用させ、被処理物を処理するプラズマ処理方法であって、テーパ形状の噴出口を用いることでラジカルの拡散を制御できるため、被処理領域のにじみを抑制できる加工精度に優れたプラズマ処理方法を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】**

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す図

**【図2】**

本発明の第1実施形態で用いた狙い寸法からの加工寸法の偏差の定義を示す図

**【図3】**

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図4】**

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理時のラジカル分布を示す断面図

**【図5】**

本発明の第2実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図6】**

本発明の第3実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図7】**

本発明の第3実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図8】**

本発明の第4実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図9】**

本発明の第4実施形態の説明で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図10】**

本発明の第5実施形態の説明で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図11】**



従来例の説明で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

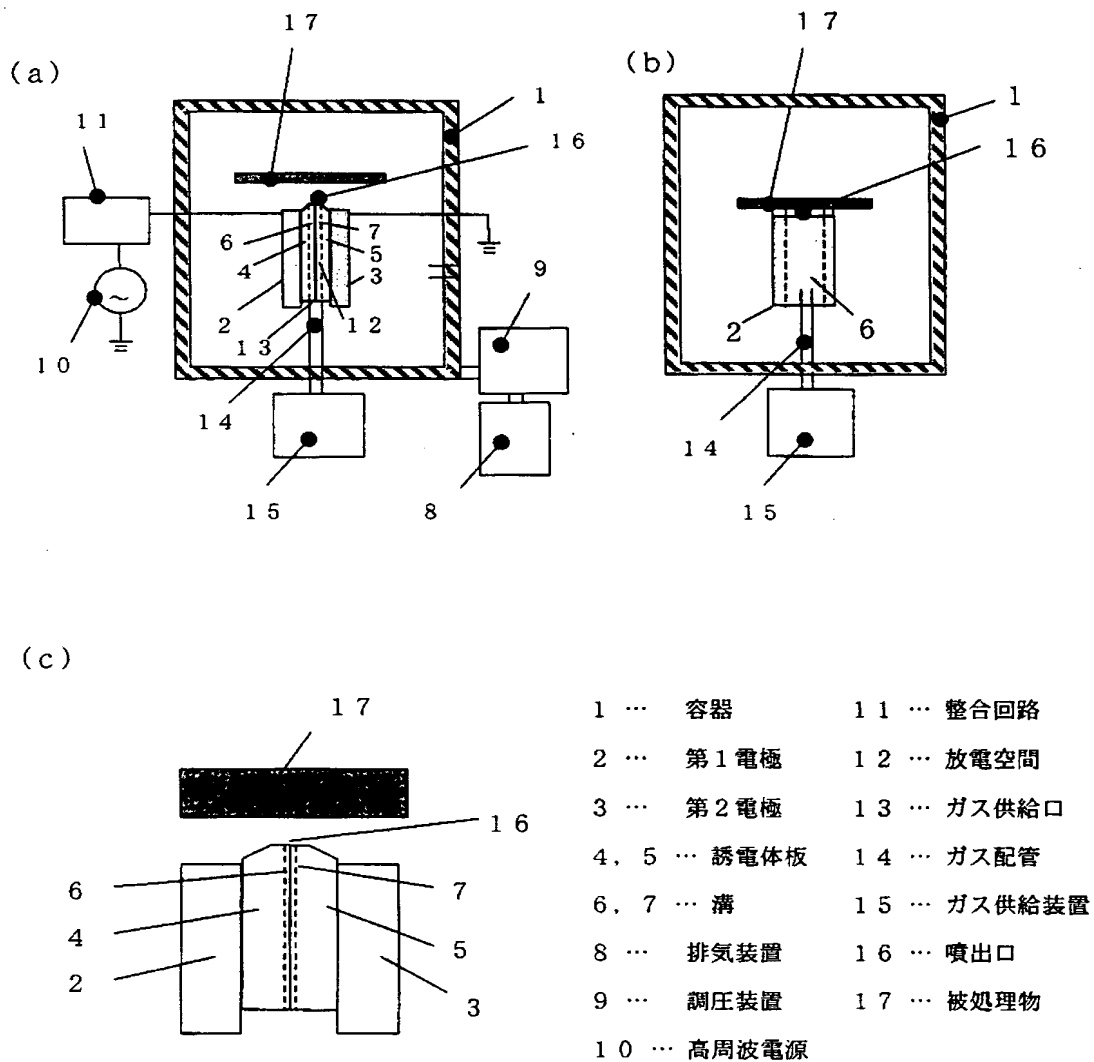
【符号の説明】

- 1 容器
- 2 第 1 電極
- 3 第 2 電極
- 4, 5 誘電体板
- 6, 7 溝
- 8 排気装置
- 9 調圧装置
- 10 高周波電源
- 11 整合回路
- 12 放電空間
- 13 ガス供給口
- 14 ガス配管
- 15 プラズマ処理用ガス供給装置
- 16 噴出口
- 17 被処理物
- 18 被処理物距離調整装置
- 19 電極距離調整装置
- 20 処理領域制御ガス供給装置
- 21 処理領域制御ガス流路
- 22 処理領域制御ガス流路
- 23 処理領域制御ガス流路用誘電体板
- 24 処理領域制御ガス流路用誘電体板
- 101 第 1 電極
- 102 第 2 電極
- 103, 104 誘電体
- 105 放電空間
- 106 高周波電源

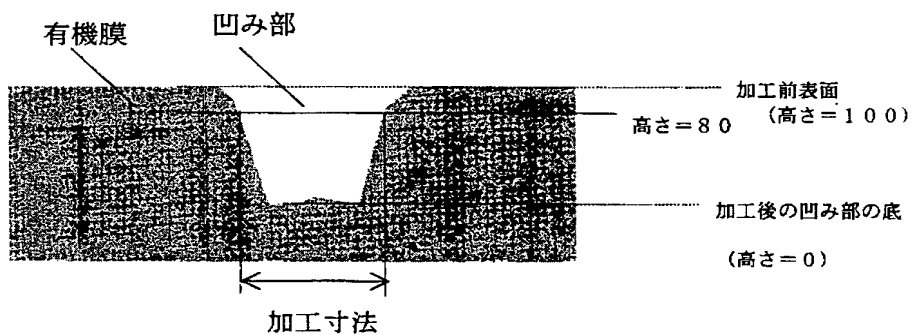
- 1 0 7 整合回路
- 1 0 8 ガス供給口
- 1 0 9 ガス配管
- 1 1 0 ガス供給装置
- 1 1 1 噴出口
- 1 1 2 被処理物

【書類名】 図面

【図 1】

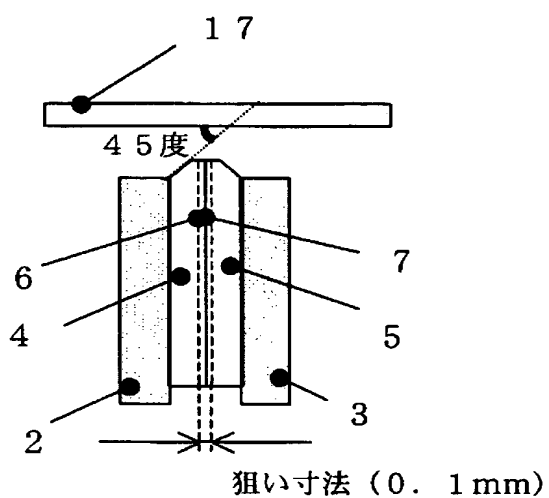


【図 2】

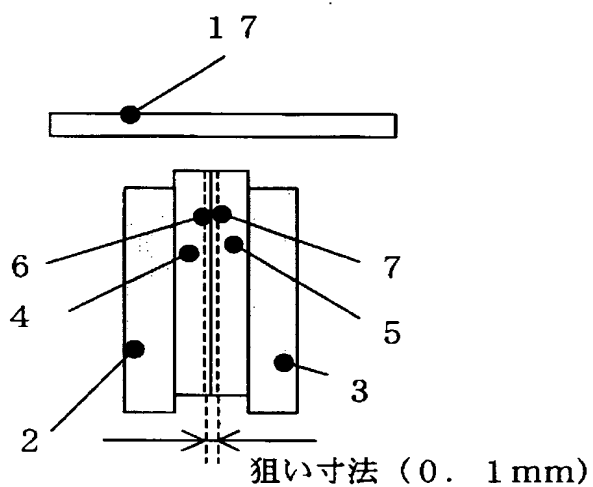


【図 3】

(A) テーパー加工がある場合

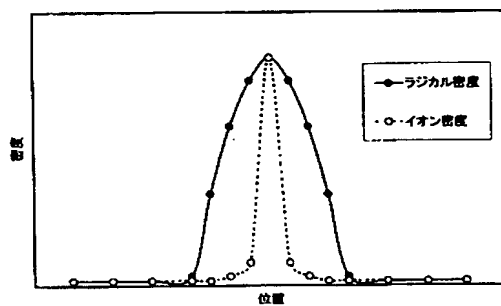
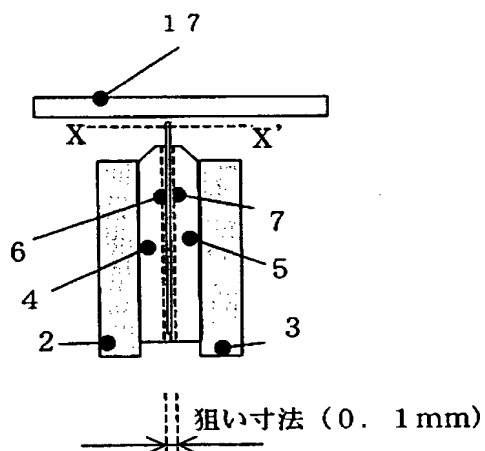


(B) テーパー加工がない場合

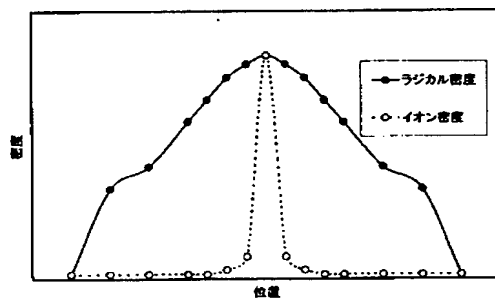
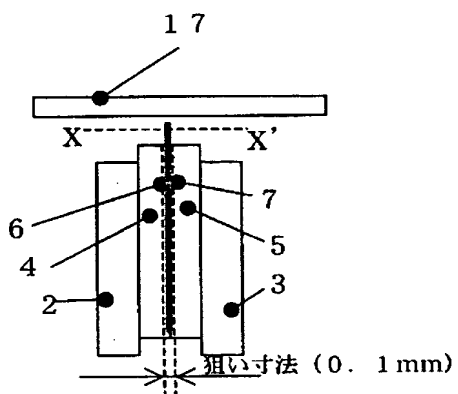


【図 4】

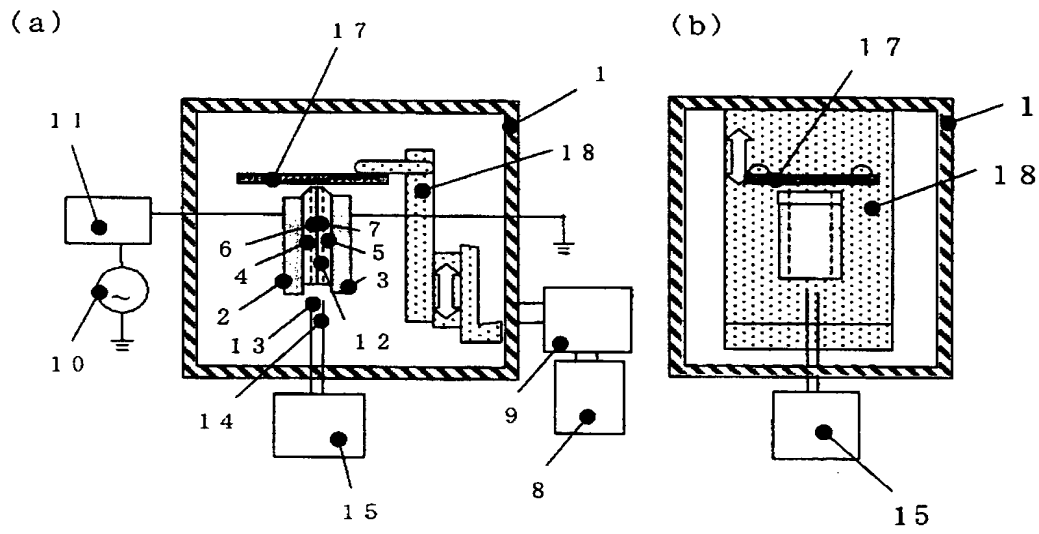
(A) テーパー加工あり



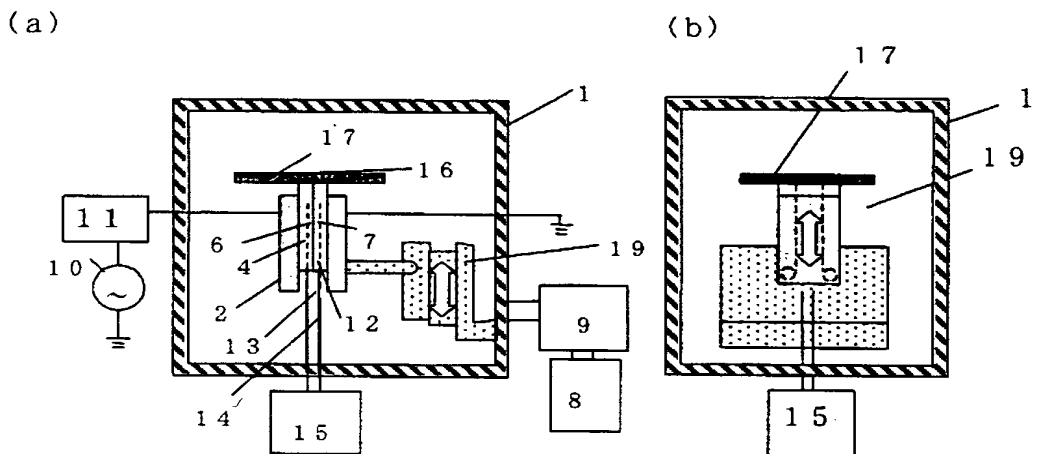
(B) テーパー加工なし



【図 5】

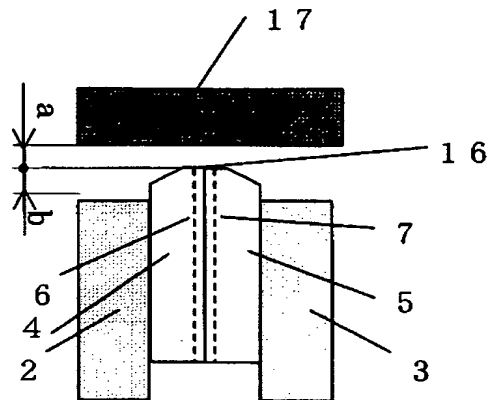


【図 6】



【図 7】

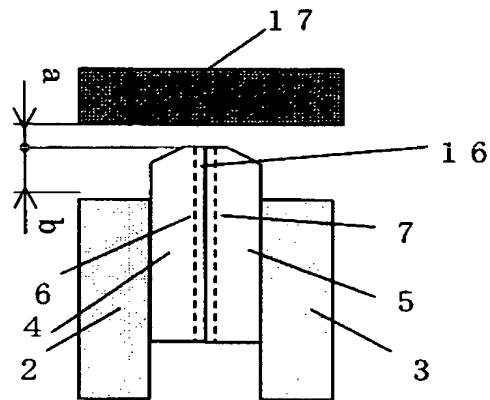
(A)



$a = 1 \text{ mm}$

$b = 1 \text{ mm}$

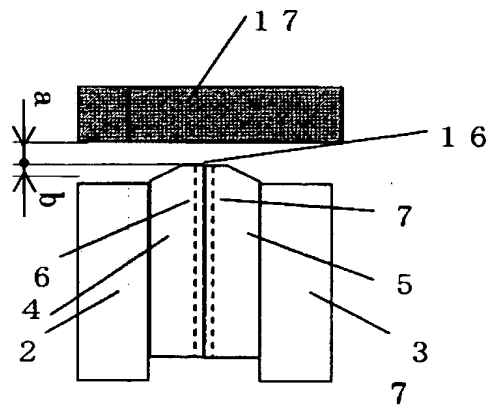
(B)



$a = 1 \text{ mm}$

$b = 2 \text{ mm}$

(C)

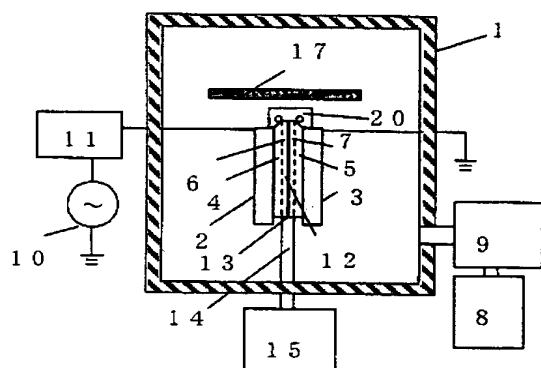


$a = 1 \text{ mm}$

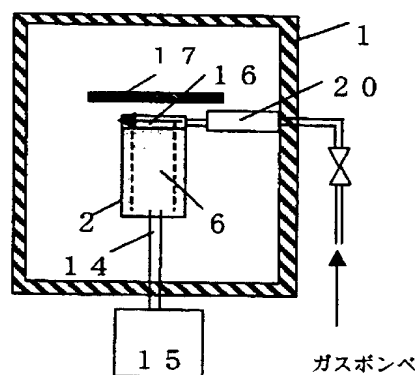
$b = 0.5 \text{ mm}$

【図 8】

(a)



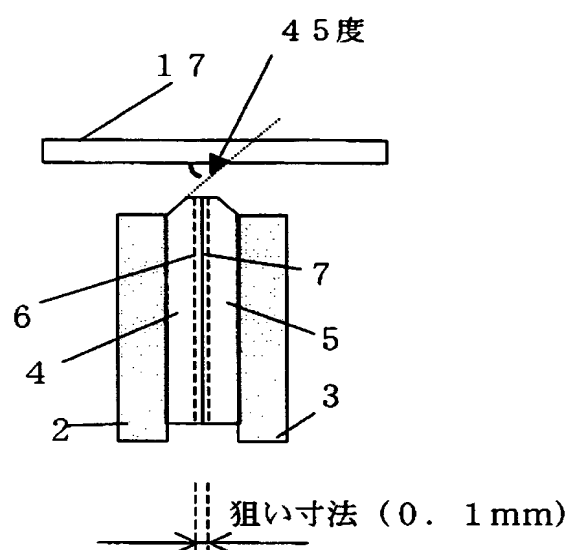
(b)



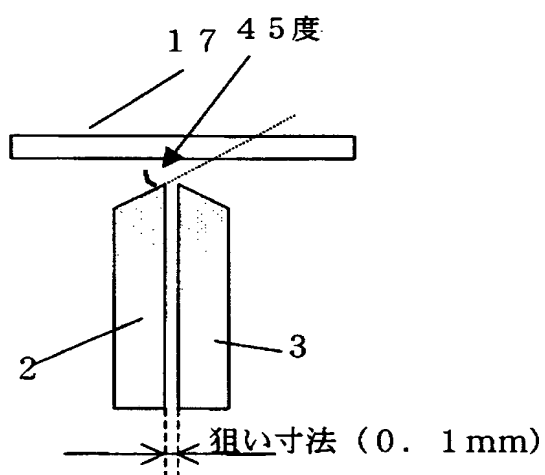


【図 9】

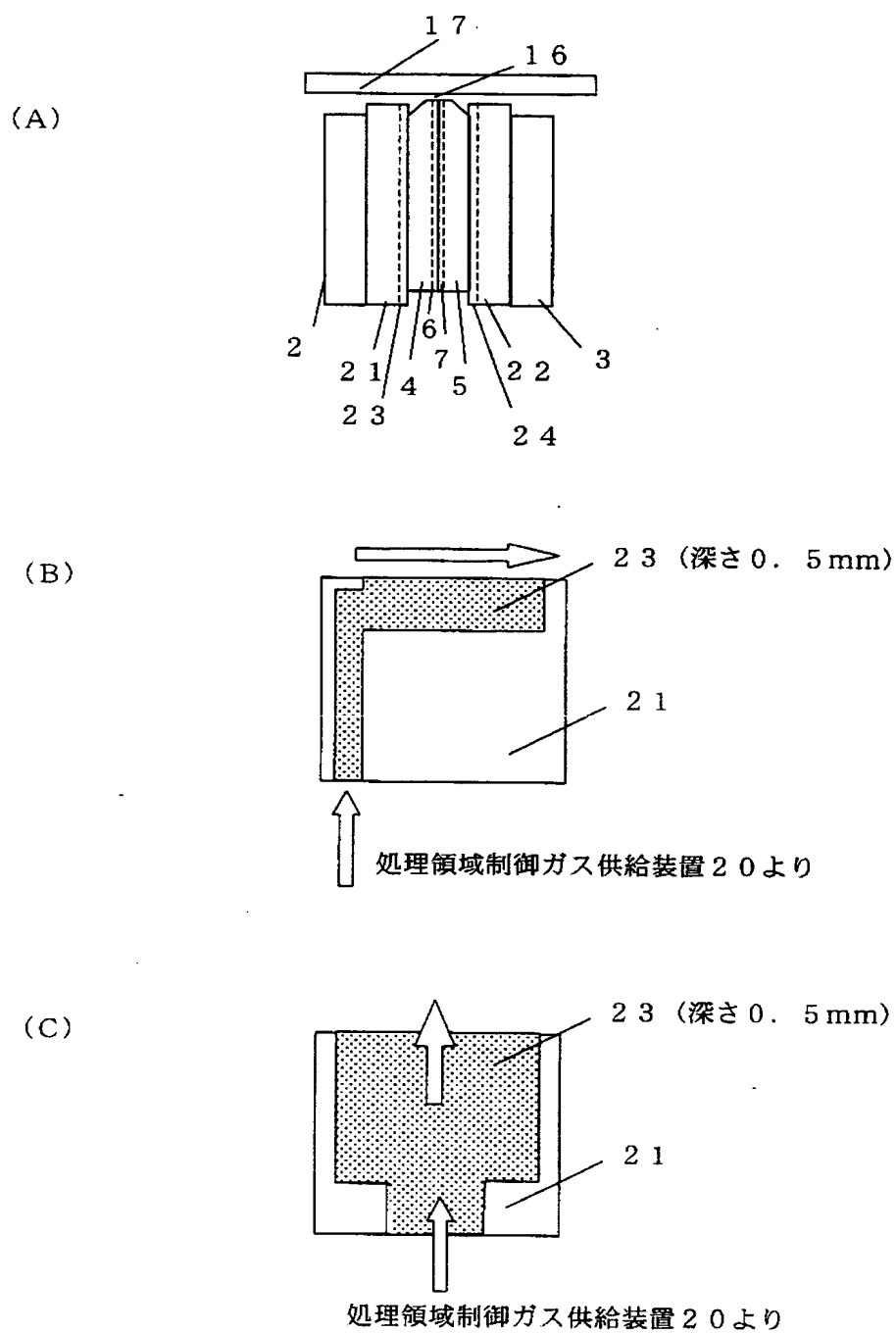
(A) 誘電体を用いた構造



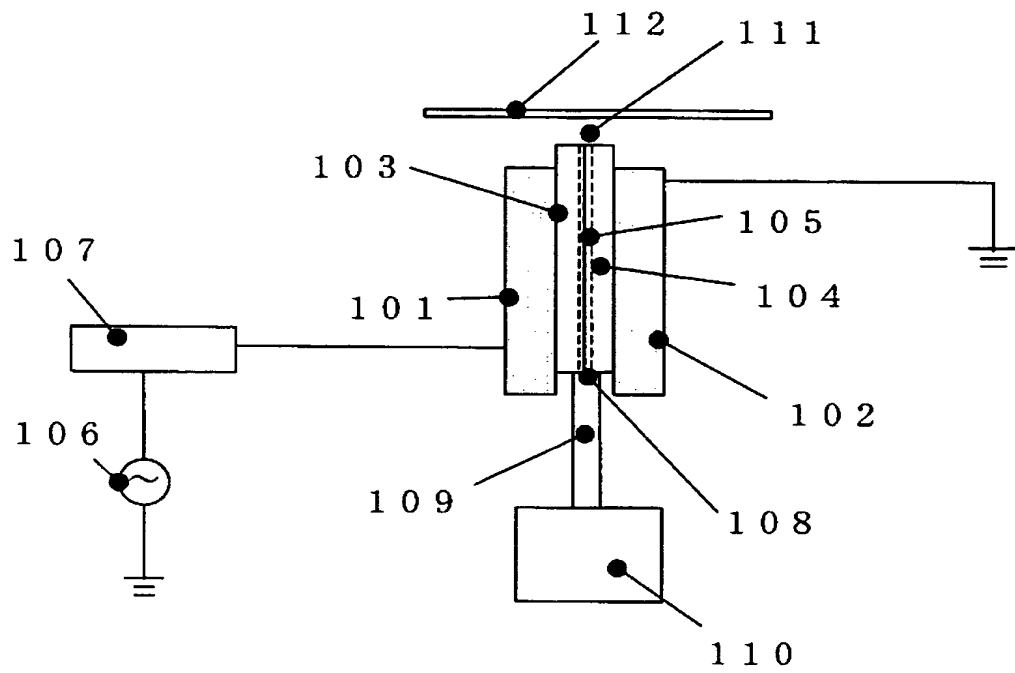
(B) 誘電体なしの構造



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ラジカルの拡散を制御することで被処理領域のにじみを抑制し、加工精度に優れたプラズマ処理を行うことができるプラズマ処理装置および方法を提供すること。

【解決手段】 放電空間 12 にプラズマ処理用ガスを流通させてプラズマを発生させ、噴出口 16 に近接させた被処理物 17 に対してエッチング、成膜、表面改質等の各種プラズマ処理を行うことができる。ここで、アルミナ板 4 およびアルミナ板 5 の端面にテーパ加工を施し、噴出口 16 をテーパ形状としてあるため、被処理物 17 の被処理領域のにじみを抑制し、加工精度に優れたプラズマ処理を行うことができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 4 4 6 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    8 月 2 8 日  
Date of Application:

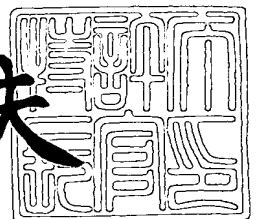
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 4 8 2 4 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 4 8 2 4 6 ]

出      願      人            松 下 電 器 産 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月 2 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 8 4 6 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 2015340113

【提出日】 平成14年 8月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05H 1/46

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 斎藤 光央

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 奥村 智洋

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100097445

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

    【識別番号】 100103355

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

    【識別番号】 100109667

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938



【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 大気圧近傍の圧力において、板状電極と、板状電極と隣接する位置に板状絶縁物を配置させ、板状電極の周囲に板状電極との距離が異なる少なくとも 2 つのガス排気口から被処理物の近傍にガスを供給しつつ、板状電極または被処理物に電力を供給するプラズマ処理方法であって、

板状電極から近い距離にあるガス排気口より不活性ガスを含むガスを供給し、板状電極から遠い距離にあるガス排気口より、該不活性ガスよりも放電開始電圧の大きいガスを含むガスを供給しつつ、プラズマ処理すること

を特徴とするグロー放電を用いたプラズマ処理方法。

【請求項 2】 板状電極の少なくとも被処理物と対向する面が、鋭角部を有することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】 鋭角部を有する板状電極は、鋭角部を絶縁体で被覆されていることを特徴とする請求項 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】 板状電極から近い距離にあるガス排気口の線方向の開口長さが、板状電極から遠い距離にあるガス排気口の線方向の開口長さよりも小さいことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】 板状電極から近い距離にあるガス排気口より供給する不活性ガスは H e、N e、A r、K r、または X e のいずれかを含むガスであることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】 板状電極の厚さが、0.1 mm 乃至 1.5 mm であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 7】 板状電極と、板状電極から遠い距離にあるガス排気口との距離が 3 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 8】 板状電極と、板状電極から遠い距離にあるガス排気口との距離が 1.2 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 9】 被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離が、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離よりも小さい

ことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 1 0】 被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離を  $k$  として、

$$0 \text{ mm} \leq k - m \leq 3 \text{ mm}$$

であることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 1 1】 被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離を  $k$  として、

$$0 \text{ mm} \leq k - m \leq 1 \text{ mm}$$

であることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 1 2】 板状電極と、板状電極と隣接した板状絶縁物と、ガス供給装置と電力供給装置を備えたプラズマ処理装置であって、

板状電極の鋭角部の近傍に少なくとも 2 つのガス排気口を備え、板状電極と各々のガス排気口との距離が異なること

を特徴とするグロー放電を用いたプラズマ処理装置。

【請求項 1 3】 板状電極の少なくとも被処理物と対向する面が、鋭角部を備えることを特徴とする請求項 1 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 4】 板状電極は、鋭角部に絶縁体を備えることを特徴とする請求項 1 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 5】 板状電極から近い距離に備えたガス排気口の線方向の開口長さが、板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の線方向の開口長さよりも小さいことを特徴とする請求項 1 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 6】 板状電極の厚さが、0.1 mm 乃至 1.5 mm であることを特徴とする請求項 1 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 7】 板状電極と、板状電極から遠い距離に備えたガス排気口との距離が 3 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 8】 板状電極と、板状電極から遠い距離に備えたガス排気口との距離が 1.2 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 2 記載のプラズマ処理装

置。

【請求項 19】 被処理物と板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の為す距離が、被処理物と板状電極から近い距離に備えたガス排気口の為す距離よりも小さいことを特徴とする請求項 12 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 20】 被処理物と板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離に備えたガス排気口の為す距離を  $k$  として、

$$0\text{ mm} \leq k - m \leq 3\text{ mm}$$

であることを特徴とする請求項 19 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 21】 被処理物と板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離に備えたガス排気口の為す距離を  $k$  として、

$$0\text{ mm} \leq k - m \leq 1\text{ mm}$$

であることを特徴とする請求項 19 記載のプラズマ処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマを用いたプラズマ処理方法および装置に関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

一般に、表面に薄膜が形成された基板に代表される被処理物にパターンニング加工を行う場合、レジストプロセスが用いられる。その一例を図 7 に示す。図 7 において、まず、被処理物 12 の表面に感光性レジスト 14 を塗布する（図 7 (a)）。次に、露光機を用いて露光した後現像すると、レジスト 14 が所望の形状にパターンニングできる（図 7 (b)）。そして、被処理物 12 を真空容器内に載置し、真空容器内にプラズマを発生させ、レジスト 14 をマスクとして被処理物 12 をエッチング加工すると、被処理物 12 の表面が所望の形状にパターンニングされる（図 7 (c)）。最後に、レジスト 14 を酸素プラズマや有機溶剤

などで除去することで、加工が完了する（図 7（d））。

#### 【0003】

以上のようなレジストプロセスは、微細パターンを精度良く形成するのに適しているため、半導体などの電子デバイスの製造において重要な役割を果たすに至った。しかしながら、工程が複雑であるという欠点がある。

#### 【0004】

そこで、レジストプロセスを用いない、新しいプラズマ処理方法が検討されている。その一例として、線状にプラズマを発生させるプラズマ源を図 8 乃至図 9 を参照して説明する。図 8 は板状電極 1 を搭載したプラズマ源を有するプラズマ処理装置の斜視図を示し、図 9 は、図 8 の平面 P P で切った断面図を示す。図 8 乃至図 9 において、板状電極 1 と板面が互いに平行となる位置に板状絶縁物 2、3 を配置し、ガス供給装置 10 よりガス流路 6 を経由して被処理物 12 に対してほぼ垂直にガスを供給できる。ガス供給装置 10 よりガスを供給しつつ、高周波電源 13 より板状電極 1 に対して 13.56 MHz の高周波電力を印加することにより、板状電極 1 を含むプラズマ源と被処理物 12 の間にプラズマを発生させ、被処理物 12 をプラズマ処理することができる。プラズマ源と被処理物 12 の距離  $a$  は 0.3 mm であり、板状電極 1、板状絶縁物 2、3 の厚さ  $b$ 、 $c$  は共に 1 mm、ガス流路 6 の幅  $e$  は 0.1 mm、板状電極 1 の切っ先部  $i$  の角度は  $60^\circ$  である。また、板状電極 1 の板面は、高さ  $g$  が 50 mm、線方向長さ  $h$  が 30 mm である。

#### 【0005】

例えば、ガスとして、ガス流路 6 に  $\text{He}$  を 1000 sccm、 $\text{SF}_6$  を 10 sccm 供給し、高周波電力を 100 W 供給する条件にて、被処理物 12 として  $\text{Si}$  をエッチングすることが可能である。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来例で述べたプラズマ処理方法および装置によるエッチングにおいては、所望の微細線状部分を超えて広範囲に加工されてしまうという問題点があった。得られたエッチングプロファイルを図 10 に示す。ここで、最も深

くエッチングされた部分の深さをDとしたとき、パターンの底から $D \times 0.8$ だけ浅い部分の幅を加工幅Eと定義すると、Eは2.1mmであった。プラズマ源の板状電極1の厚さは1mmであるから、加工幅Eはその2倍程度になってしまった。

#### 【0007】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、所望の微細線状部分を精度良く加工するプラズマ処理方法及び装置を提供することを目的としている。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本願の第1発明の加工方法は、大気圧近傍の圧力において、板状電極と、板状電極と隣接する位置に板状絶縁物を配置させ、板状電極の周囲に板状電極との距離が異なる少なくとも2つのガス排気口から被処理物の近傍にガスを供給しつつ、板状電極または被処理物に電力を供給するプラズマ処理方法であって、板状電極から近い距離にあるガス排気口より不活性ガスを含むガスを供給し、板状電極から遠い距離にあるガス排気口より、該不活性ガスよりも放電開始電圧の大きいガスを含むガスを供給しつつ、プラズマ処理することを特徴とする。

#### 【0009】

本願の第1発明の加工方法において、好適には、板状電極の少なくとも被処理物と対向する面が、鋭角部を有することが望ましい。

#### 【0010】

さらに好適には、鋭角部を有する板状電極は、鋭角部を絶縁体で被覆されていることが望ましい。

#### 【0011】

本願の第1発明の加工方法において、好適には、板状電極から近い距離にあるガス排気口の線方向の開口長さが、板状電極から遠い距離にあるガス排気口の線方向の開口長さよりも小さいことが望ましい。

#### 【0012】

本願の第1発明の加工方法において、好適には、板状電極から近い距離にあるガス排気口より供給する不活性ガスはHe、Ne、Ar、Kr、またはXeのい

ずれかを含むガスであることが望ましい。

【0013】

本願の第1発明の加工方法において、好適には、板状電極の厚さが0.1 mm乃至1.5 mmであることが望ましい。

【0014】

本願の第1発明の加工方法において、好適には、板状電極と、板状電極から遠い距離にあるガス排気口との距離が3 mm以下であることが望ましい。

【0015】

さらに好適には、板状電極と、板状電極から遠い距離にあるガス排気口との距離が1.2 mm以下であることが望ましい。

【0016】

本願の第1発明の加工方法において、好適には、被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離が、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離よりも小さいことが望ましい。

【0017】

さらに好適には、被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離をm、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離をkとして、

$$0 \text{ mm} \leq k - m \leq 3 \text{ mm}$$

であることが望ましい。

【0018】

また、さらに好適には、被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離をm、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離をkとして、

$$0 \text{ mm} \leq k - m \leq 1 \text{ mm}$$

であることが望ましい。

【0019】

本願の第2発明の加工装置において、板状電極と、板状電極と隣接した板状絶縁物と、ガス供給装置と電力供給装置を備えたプラズマ処理装置であって、

板状電極の鋭角部の近傍に少なくとも 2 つのガス排気口を備え、板状電極と各々のガス排気口との距離が異なることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本願の第 2 発明の加工装置において、好適には、板状電極の少なくとも被処理物と対向する面が、鋭角部を備えることが望ましい。

【 0 0 2 1 】

さらに好適には、板状電極は、鋭角部に絶縁体を備えることが望ましい。

【 0 0 2 2 】

本願の第 2 発明の加工装置において、好適には、板状電極から近い距離に備えたガス排気口の線方向の開口長さが、板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の線方向の開口長さよりも小さいことが望ましい。

【 0 0 2 3 】

本願の第 2 発明の加工装置において、好適には、板状電極の厚さが、0.1 m m 乃至 1. 5 m m であることが望ましい。

【 0 0 2 4 】

本願の第 2 発明の加工装置において、好適には、板状電極と、板状電極から遠い距離に備えたガス排気口との距離が 3 m m 以下であることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

さらに好適には、板状電極と、板状電極から遠い距離に備えたガス排気口との距離が 1. 2 m m 以下であることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

本願の第 2 発明の加工装置において、好適には、被処理物と板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の為す距離が、被処理物と板状電極から近い距離に備えたガス排気口の為す距離よりも小さいことが望ましい。

【 0 0 2 7 】

さらに好適には、被処理物と板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の為す距離を m、被処理物と板状電極から近い距離に備えたガス排気口の為す距離を k として、

$$0 \text{ mm} \leq k - m \leq 3 \text{ mm}$$

であることが望ましい。

#### 【0 0 2 8】

また、さらに好適には、被処理物と板状電極から遠い距離に備えたガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離に備えたガス排気口の為す距離を  $k$  として、

$$0 \text{ mm} \leq k - m \leq 1 \text{ mm}$$

であることが望ましい。

#### 【0 0 2 9】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第 1 実施形態について、図 1 乃至図 5 を参照して説明する。

#### 【0 0 3 0】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態において用いた、鋭角部を有する板状電極 1 を搭載したプラズマ源を含むプラズマ処理装置の斜視図を示し、図 2 は、図 1 の平面 P P で切った断面図を示す。また、図 3 は図 1 の P Q 方向から見た平面図であり、板状電極の鋭角部を有する面を示している。

#### 【0 0 3 1】

図 1 乃至図 3 において、鋭角部を有する板状電極 1 と互いに平行になる位置に板状絶縁物 2、3、4、5 を配置し、板状電極 1 と板状絶縁物 2、3 の間にガス流路 6 とガス排気口 7 が形成され、板状絶縁物 2、3 と板状絶縁物 4、5 の間にガス流路 8 とガス排気口 9 が形成されている。ガス排気口 7、9 を経由して被処理物 12 に対してほぼ垂直にガスを供給できる。ガス供給装置 10、11 よりガスを供給しつつ、高周波電源 13 より板状電極 1 に対して 13.56 MHz の高周波電力を供給することにより、局所的なプラズマ空間 P A にプラズマを発生させ、被処理物 12 をプラズマ処理することができる。板状電極 1 と被処理物 12 の距離  $a$  は 0.3 mm であり、板状電極 1、板状絶縁物 2、3、4、5 の幅  $b$ 、 $c$ 、 $d$  は共に 1 mm、ガス流路 6、8 の幅  $e$ 、 $f$  は共に 0.1 mm である。また、線方向長さ  $h$  については、板状電極 1、ガス排気口 7、ガス排気口 9 は共に 30 mm である。また、板状電極 1 の鋭角部における切っ先部  $i$  の角度は  $60^\circ$  である。また、図 4 は板状電極 1 の鋭角部近傍の拡大図を示している。一点鎖線  $o$



が板状電極 1 の中心線である。板状電極 1 の角部 p と板状絶縁物 2 の角部 q を結ぶ線分の中央を板状電極 1 から近い距離にあるガス排気口 7 とし、板状絶縁物 2 の角部 r と板状絶縁物 3 の角部 s を結ぶ線分の中央を板状電極 1 から遠い距離にあるガス排気口 9 とする。ここで、板状電極 1 とガス排気口 9 の為す距離  $t$  は 1.15 mm であり、ガス排気口 7 と被処理物 12 の為す距離に対するガス排気口 9 と被処理物 12 の為す距離の差  $u$  は 1 mm である。

#### 【0032】

プラズマ源は数 Pa から数気圧まで動作可能であるが、典型的には 1000 Pa から 3 気圧程度の範囲の圧力で動作する。とくに、大気圧付近での動作は、嚴重な密閉構造や特別な排気装置が不要であるとともに、プラズマや活性粒子の拡散が適度に抑制されるため、とくに好ましい。ガスとして、ガス供給装置 10 よりガス流路 6 を経由してガス排気口 7 より He を 1000 sccm、ガス供給装置 11 よりガス流路 8 を経由してガス排気口 9 より SF<sub>6</sub> を 500 sccm 供給し、高周波電力を 100 W 供給する条件にて被処理物 12 としての Si に対してエッチング処理を行ったところ、局所的なプラズマ空間 PA にのみプラズマが発生し、図 5 のようなエッチングプロファイルが得られた。ここで、最も深くエッチングされた部分の深さを  $D$  としたとき、パターンの底から  $D \times 0.8$  だけ浅い部分の幅を加工幅  $E$  と定義すると、 $E$  は 0.69 mm であった。プラズマ源の板状電極 1 の厚さは 1 mm であるから、従来例と比較して飛躍的に加工精度が向上した。

#### 【0033】

このように加工精度が向上した理由として、ガス排気口 7 より排気した He ガスに比べて放電開始電圧の大きい SF<sub>6</sub> ガスをガス排気口 9 より導入することで、放電の広がり抑制されたためであると考えられる。

#### 【0034】

なお、本発明の第 1 実施形態において、アルミニウム製板状電極 1 の鋭角部を絶縁体としてのアルマイトで被覆させることで、電界の集中が緩和され、板状電極 1 の鋭角部における両端を除く線方向のエッチング均一性を向上させることが可能である。

**【 0 0 3 5 】**

また、本発明の第 1 実施形態において、図 6 に示すように、ガス排気口 7 の線方向長さ  $h_1$  が 3 0 mm に対して、ガス排気口 9 の線方向長さ  $h_2$  を 4 0 mm とし、板状電極 1 から近い距離にあるガス排気口 7 の線方向の開口長さを、板状電極 1 から遠い距離にあるガス排気口 9 の線方向の開口長さより小さくすることで、板状電極 1 の鋭角部における両端のエッチングレートを抑制でき、線方向のエッチング均一性を向上させることが可能である。

**【 0 0 3 6 】**

以上述べた本発明の実施形態において、プラズマ源として鋭角部を有する板状電極のものを用いる場合を例示したが、誘導結合型タイプなど、他方式のキャピラリタイプ、マイクロギャップ方式など、様々なプラズマ源を用いることができる。

**【 0 0 3 7 】**

また、板状電極の鋭角部に絶縁体を被覆させる方法としてアルマイト処理についてのみ例示したが、これに限るものではなく CVD、スパッタリング、蒸着、溶射、またはセラメッキなどを用いても良い。

**【 0 0 3 8 】**

また、板状電極から近い距離にあるガス排気口より供給する不活性ガスとして He を主体とした場合についてのみ例示したが、He 以外の不活性ガスである Ne、Ar、Kr、または Xe のいずれのガスを用いても良い。

**【 0 0 3 9 】**

また、板状電極の厚さが 1 mm の場合についてのみ例示したが、この厚さに限るものではない。ただし、板状電極の厚みは薄すぎるとプラズマによる消耗が激しくなり、厚すぎると電界の集中度合いが低下するため、加工速度が低下すると同時に加工幅の細線化も難しくなる。従って、概ね 0.1 mm 乃至 1.5 mm であることが好ましい。

**【 0 0 4 0 】**

また、板状電極と、板状電極から遠い距離にあるガス排気口との距離が 1.15 mm である場合についてのみ例示したが、この距離に限るものではない。ただ

し、該距離が遠すぎると板状電極から遠い距離にあるガス排気口から供給する放電開始電圧の大きいガスによる放電領域抑制の効果が小さい。一方、該距離が適度に近いと、該放電開始電圧の大きいガスによる放電領域抑制の効果が大きく、加工幅の細線化が可能である。従って、概ね 3 mm 以下であることが好ましい。

#### 【0 0 4 1】

さらに、板状電極と、板状電極から遠い距離にあるガス排気口との距離が概ね 1. 2 mm 以下であると、板状電極の幅よりも小さい加工幅の加工が可能である。

#### 【0 0 4 2】

また、被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離を  $k$  として、 $k - m = 1 \text{ mm}$  の場合についてのみ例示したが、この距離に限るものではない。

#### 【0 0 4 3】

ただし、 $k - m$  の値が 0 mm より小さいと、板状電極から遠い距離にあるガス排気口から供給する放電開始電圧の大きいガスによる放電領域抑制の効果が小さく、 $k - m$  の値が大きいと、放電開始電圧の大きいガスによる放電領域抑制の効果が大きすぎるため、プラズマ着火性が悪くなる。一方、該距離  $k - m$  が 0 mm より大きく、且つ適度に小さいとプラズマ着火性が良く、加工幅の細線化が可能である。従って、概ね  $0 \text{ mm} \leq k - m \leq 3 \text{ mm}$  であることが好ましい。

#### 【0 0 4 4】

さらに、被処理物と板状電極から遠い距離にあるガス排気口の為す距離を  $m$ 、被処理物と板状電極から近い距離にあるガス排気口の為す距離を  $k$  として、 $0 \text{ mm} \leq k - m \leq 1 \text{ mm}$  であると、板状電極の幅よりも小さい加工幅の加工が可能である。

#### 【0 0 4 5】

また、プラズマ源もしくは電極に直流電力を供給することにより、エッチング速度、成膜速度等のプラズマ処理速度を向上させることも可能である。ただし、被処理物が絶縁体を含む場合は、交流電力であることが望ましい。

#### 【0 0 4 6】

また、不活性ガスよりも放電開始電圧の大きいガスとして、 $\text{SF}_6$ ガスを主体としたプラズマ処理についてのみ例示したが、ガスはこれに限定されるものではなく、 $\text{CF}_4$ ガス、 $\text{O}_2$ ガスや $\text{Cl}_2$ ガス等を主体としたガスについてもプラズマ処理することが可能である。

#### 【0047】

また、プラズマ処理としてエッチングについてのみ例示したが、プラズマ処理はこれに限定されるものではなく、プラズマクリーニング、CVD、スパッタリングやプラズマドーピング等の様々なプラズマ処理についても適用できる。

#### 【0048】

また、被処理物としてSiをプラズマ処理する場合を例示したが、被処理物はこれらに限定されるものではなく、本発明は、種々の基板のプラズマ処理、または、種々の膜がコーティングされた被処理物のプラズマ処理に適用できる。Heと $\text{O}_2$ の混合ガスを用いてフォトリソグラフやポリイミドに代表される樹脂等のエッチング加工を行うこともできる。また、シート状の被処理物をロール・トゥ・ロール方式で搬送しつつ、連続的にプラズマ処理することもできる。あるいは、種々の被処理物の表面にプラズマCVD法による薄膜堆積を行うこともできる。

#### 【0049】

また、13.56MHzの高周波電力を用いてプラズマを発生させる場合を例示したが、数百kHzから数GHzまでの高周波電力を用いてプラズマを発生させることが可能である。あるいは、パルス電力を供給することにより、アーク放電への移行を抑制しつつ、高効率なプラズマを生成することも可能である。

#### 【0050】

また、板状電極に対して電力を印加した場合についてのみ例示したが、電力を印加する対象物はこれに限らず、板状電極には電力を印加せず被処理物に対して電力を印加する場合、もしくは板状電極に電力を印加しつつ被処理物に対しても電力を印加する場合についても、同様の効果が得られる。

#### 【0051】

#### 【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマ処理方法によれば

、大気圧近傍の圧力において、板状電極と、板状電極と隣接する位置に板状絶縁物を配置させ、板状電極の周囲に板状電極との距離が異なる少なくとも2つのガス排気口から被処理物の近傍にガスを供給しつつ、板状電極または被処理物に電力を供給するプラズマ処理方法であって、板状電極から近い距離にあるガス排気口より不活性ガスを含むガスを供給し、板状電極から遠い距離にあるガス排気口より、該不活性ガスよりも放電開始電圧の大きいガスを含むガスを供給しつつ、プラズマ処理するため、レジスト等のマスクを用いず、所望の微細線状部分を精度良く加工するプラズマ処理方法を実現できる。

### 【0052】

また、本願の第2発明のプラズマ処理装置によれば、板状電極と、板状電極と隣接した板状絶縁物と、ガス供給装置と電力供給装置を備えたプラズマ処理装置であって、板状電極の鋭角部の近傍に少なくとも2つのガス排気口を備え、板状電極と各々のガス排気口との距離が異なるため、レジスト等のマスクを用いず、所望の微細線状部分を精度良く加工するプラズマ処理装置を実現できる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す斜視図

#### 【図2】

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

#### 【図3】

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す平面図

#### 【図4】

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す拡大図

#### 【図5】

本発明の第1実施形態におけるエッチングプロファイルを示すグラフ

#### 【図6】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す平面図

#### 【図7】

従来例で用いたパターンニング工程を示す図

**【図 8】**

従来例で用いたプラズマ処理装置の構成を示す斜視図

**【図 9】**

従来例で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

**【図 1 0】**

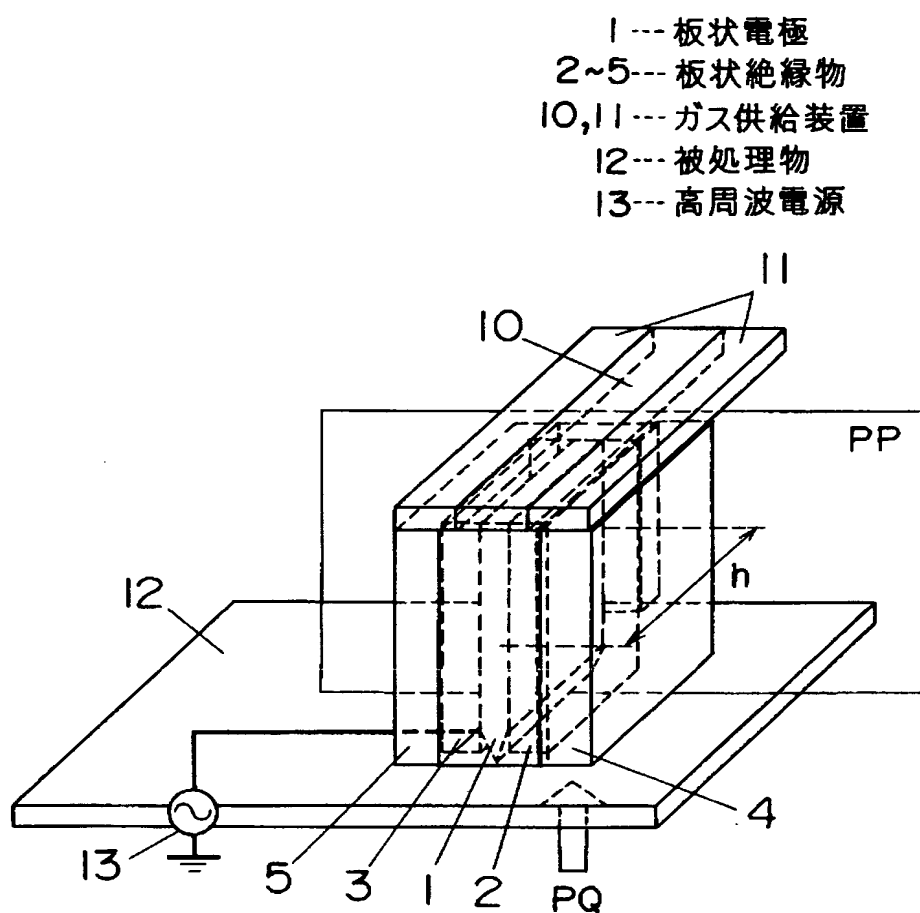
従来例におけるエッチングプロファイルを示すグラフ

**【符号の説明】**

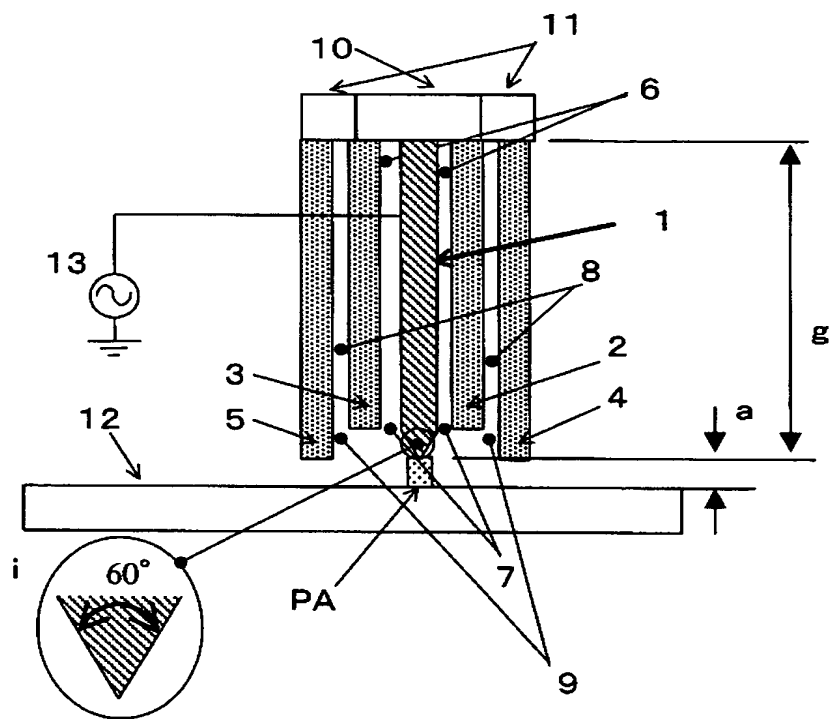
- 1 板状電極
- 2 板状絶縁物
- 3 板状絶縁物
- 4 板状絶縁物
- 5 板状絶縁物
- 7 ガス排気口
- 9 ガス排気口
- 1 2 被処理物
- 1 3 高周波電源

【書類名】 図面

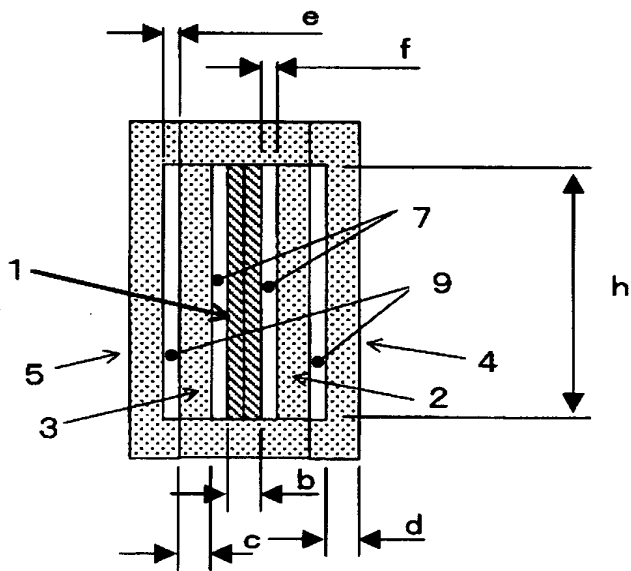
【図 1】



【図 2】

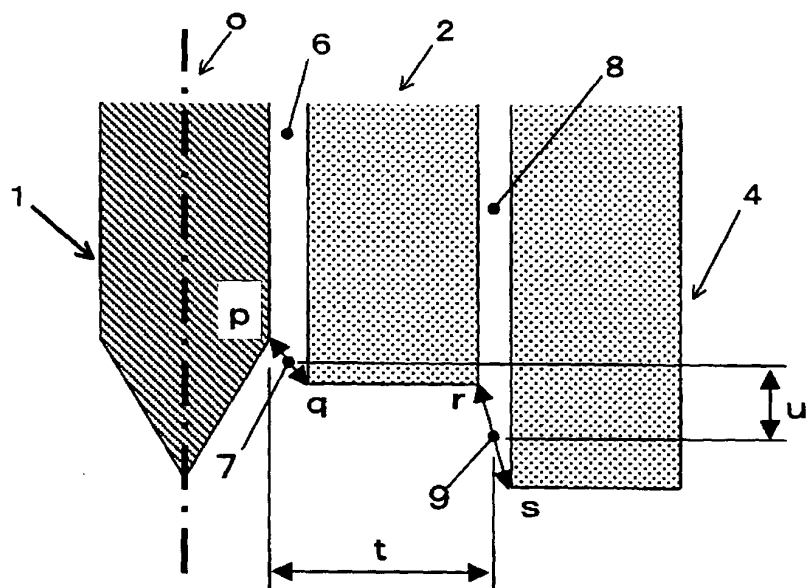


【図 3】

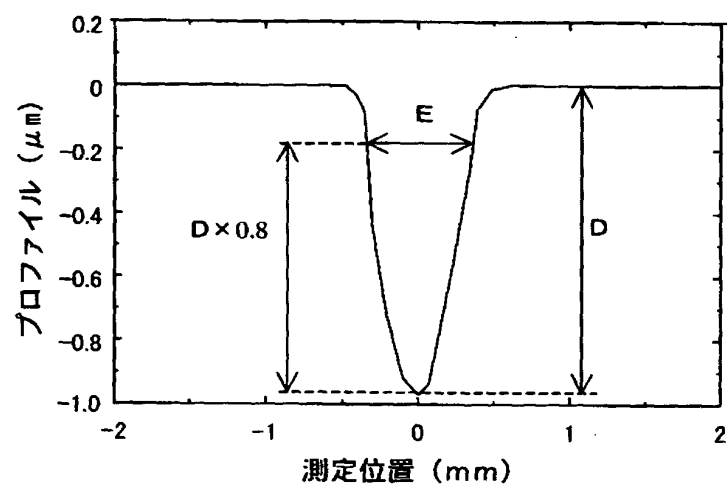




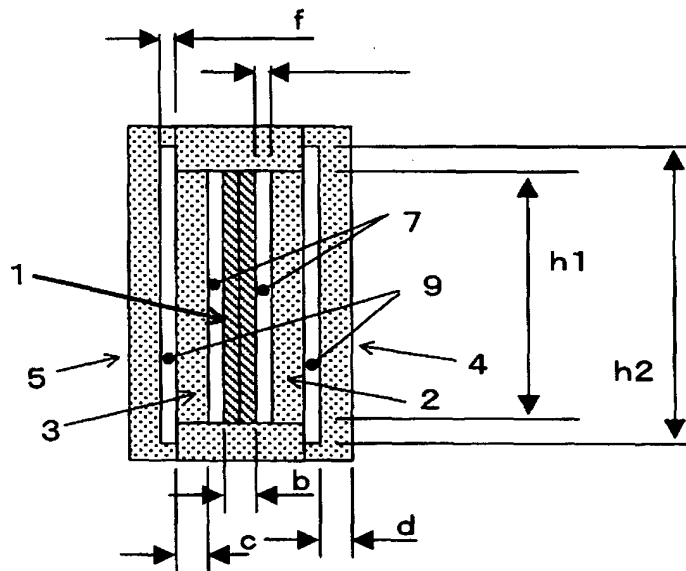
【図 4】



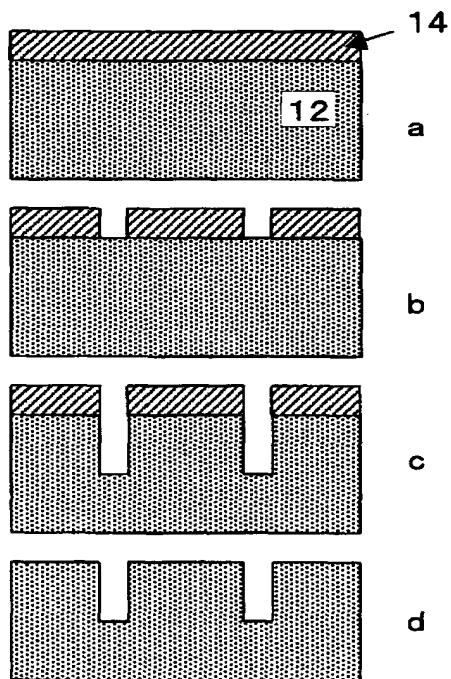
【図 5】



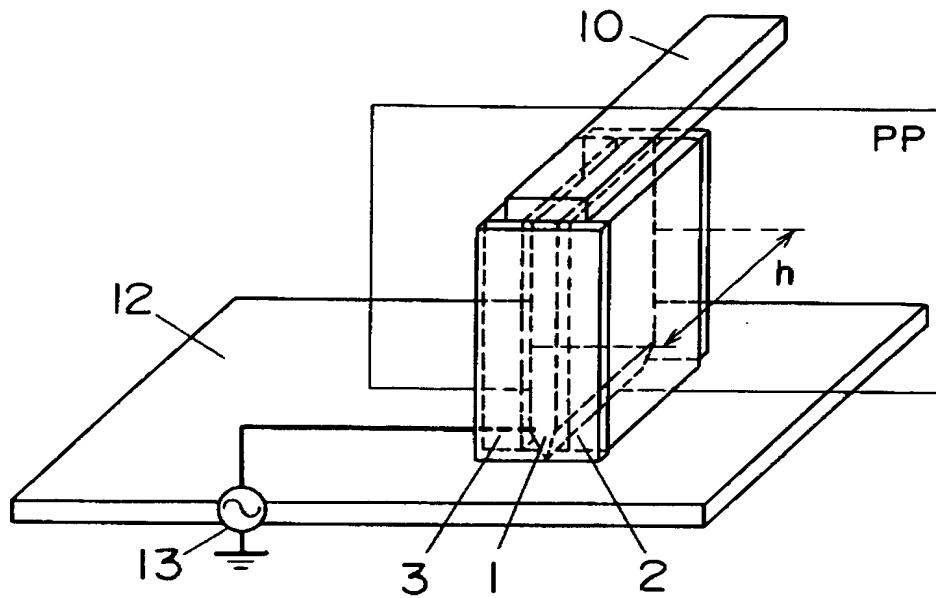
【図 6】



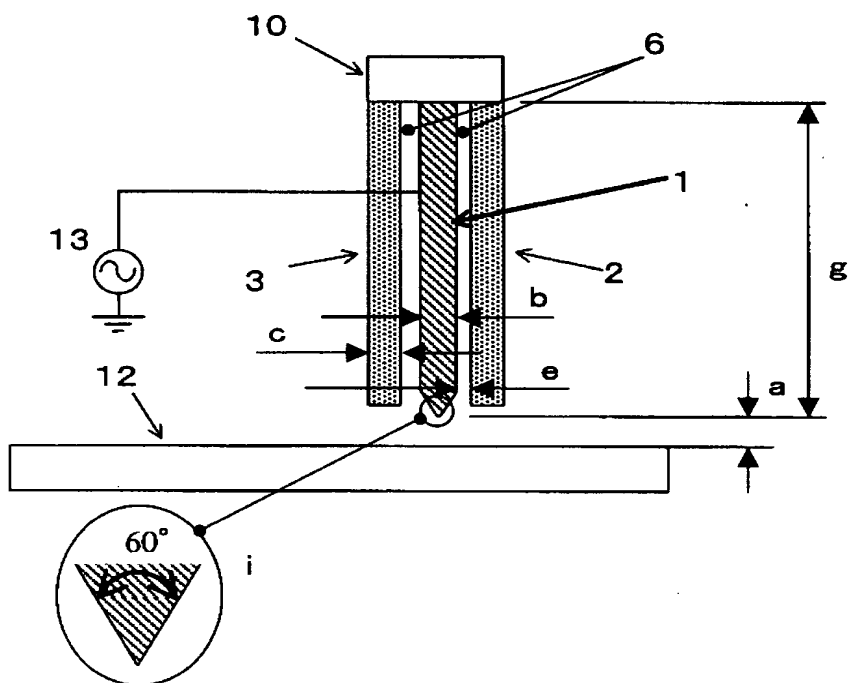
【図 7】



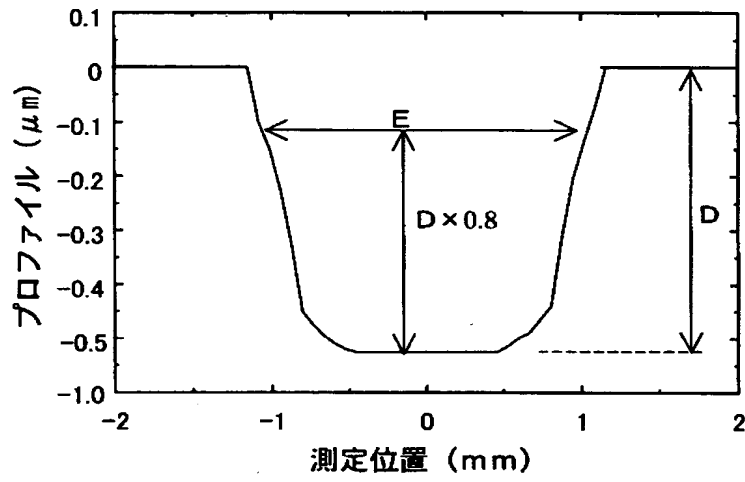
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の微細線状部分を精度良く加工するプラズマ処理方法および装置を提供する。

【解決手段】 大気圧近傍の圧力において、板状電極 1 と、板状絶縁物 2、3、4、5 を配置させ、板状電極 1 の周囲に少なくとも 2 つのガス排気口 7、9 から被処理物 12 の近傍にガスを供給しつつ、高周波電源 13 より板状電極 1 に電力を供給するに際して、板状電極 1 から近い距離にあるガス排気口 7 より不活性ガスを含むガスを供給し、板状電極 1 から遠い距離にあるガス排気口 9 より、該不活性ガスよりも放電開始電圧の大きいガスを含むガスを供給しつつプラズマ処理することで、所望の微細線状部分を精度良く加工するプラズマ処理方法及び装置を提供する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 2 4 8 2 4 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社